

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA
OSTRAVA**

**Hornicko-geologická fakulta
institut geoinformatiky**

**ŽIVOTNÍ CYKLUS GEOGRAFICKÉHO
INFORMAČNÍHO SYSTÉMU AIRMAP**

Diplomová práce

Autor:

Bc. Roman Bár

Vedoucí diplomové práce:

doc. Dr. Ing. Bronislava Horáková

Ostrava 2008

Prohlášení

Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000Sb. - autorský zákon, zejména § 35 - využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 - školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Rovněž souhlasím s tím, že text diplomové práce bude publikován v materiálech zajišťujících propagaci VŠB-TUO, vč. příloh časopisů, sborníků z konferencí, seminářů apod. Publikování textu práce bude provedeno v omezeném rozlišení, které bude vhodné pouze pro čtení a neumožní tedy případnou transformaci textu a dalších součástí práce do podoby potřebné pro jejich další elektronické zpracování.

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst.4 autorského zákona.

V Ostravě dne 30.4.2008

Roman Bár

Roman Bár
Dlouhá 4213
Zlín, 76001

Anotace diplomové práce

Práce se zabývá životním cyklem geografického informačního systému AirMap, určeného pro leteckou informační službu. V první části je popsán obecný přístup k tvorbě informačních systémů a přehled používaných metodik při vývoji systémů. Podrobněji se pak práce věnuje jednotlivým částem životního cyklu navrhovaného systému. Důraz klade především na specifikaci cílů, projektovou studii, popis použité technologie, tvorbu datového modelu, implementaci, testování a předání systému zákazníkovi. Na závěr práce charakterizuje výsledný systém jako celek, hodnotí průběh projektu a jeho silné a slabé stránky.

Klíčová slova: životní cyklus, metodika, datový model, MicroStation, XFM.

Anotation of thesis

Purpose of the thesis is to describe life cycle of geographic information system AirMap. This information system was made for Czech Aeronautical Information Service. In the first part there is a theoretic section about general production and methodics for system creation. Next part is detailed description of project specification, system analysis, technology, data model, implementation, testing procedure and presentation to customers. At the end of the thesis there is an evaluation of strengths and weaknesses involved in this project.

Keywords: life cycle, methodics, data model, MicroStation, XFM.

Seznam použitých zkratk	7
Úvod	8
1. Cíl práce	9
2. Metodiky vývoje informačního systému	10
2.1 Definice pojmů	10
2.2 Kritéria pro kategorizaci metodik	10
2.3 Rigorózní metodiky	13
2.4 Agilní metodiky	15
2.5 Srovnání metodik	18
3. Modely životního cyklu informačního systému	19
3.1 Definice pojmu životní cyklus IS	19
3.2 Vztah metodiky a životního cyklu IS	19
3.3 Sekvenční model	21
3.3.1 Model vodopád	21
3.4 Iterativní model	22
3.4.1 Prototypový model	22
3.4.2 Model spirála	23
3.5 Evoluční model	23
4. Firemní metodika vývoje informačních systémů	24
4.1 Metodika LBMS	24
4.2 Realizace informatických projektů	24
5. Životní cyklus informačního systému AirMap	27
5.1 Specifikace projektu	28
5.2 Analýza systému	29
5.3 Projektová studie	32
5.3.1 Účastníci projektu	32
5.3.2 Plán a harmonogram projektu	32
5.3.3 Technické vymezení projektu	33
5.4 Implementace	33
5.4.1 Nastavení systému	33
5.4.2 Popis technologie XFM	36
5.4.3 Tvorba datového modelu pomocí technologie XFM	38
5.4.4 Vytvoření mapového objektu v prostředí AirMap	46
5.5 Testování systému	46
5.6 Předání první verze systému	47
5.7 Předání kompletního systému	47
5.8 Provoz a údržba systému	48
5.9 Ukončení a hodnocení projektu	49
Závěr	50
Použité zdroje	51
Seznam obrázků	53
Seznam tabulek	54

Seznam použitých zkratk

České zkratky

AIPLR	AIP + Letištní řád
BPRNS	Blízká přívodní radionavigační stanice
GIS	Geografický informační systém
IS	Informační systém
ISVS	Informační systémy veřejné zprávy
IT	Informační technologie
LIS	Letecká informační služba
ŘLP ČR	Řízení letového provozu České republiky
VM	Velké mapy

Cizojazyčné zkratky

AIP	Aeronautical information publication
DGN, DGNLIB	Design, Design Library
DME	Distance Measuring Equipment
ENR	En Route
ICAO	International Civil Aviation Organization
LLZ	Localizer
MKR	Marker
MM	Middle Marker
NDB	Non-Directional Beacon
PDF	Portable Document Format
SYMB	Symbology
SW	Software
TACAN	Tactical Air Navigation
VBA	Visual Basic for Applications
VMware	Virtual Machine
VOR	VHF Omnidirectional Radio Range
XML	eXtensible Markup Language
XFM	XML based Feature Modeling

Úvod

Úloha a důležitost leteckých dat se významně změnila zavedením prostorové navigace a palubních počítačových navigačních systémů. Aby se při poskytování leteckých dat zabezpečila jejich jednotnost a celistvost požadovaná pro jejich provozní využití počítačovými navigačními systémy, musí se používat mezinárodně uznávané standardy a postupy.

Letecká informační služba je organizační složkou Řízení letového provozu ČR, zajišťuje tok dat nezbytných pro bezpečnost, pravidelnost a hospodárnost mezinárodního a vnitrostátního letového provozu. Jejím úkolem je zajistit, aby piloti dostávali přesné informace o trase letu. Ty jsou součástí leteckých příruček nebo letištního řádu. Hlavní pracovní náplní letecké informační služby je tedy tvorba a aktualizace dat v těchto příručkách.

Projekt AirMap je součástí obměny informačních technologií v oblasti řízení letového provozu nad územím České republiky. Dochází ke sjednocení používaného SW na platformě MicroStation V8 2004 Edition a k optimalizaci pracovních postupů v oblasti výstupů map.

1. Cíl práce

Diplomová práce se zabývá životním cyklem navrhovaného informačního systému pro leteckou informační službu. V teoretické části se věnuje obecným přístupům k vývoji informačních systémů. Podává přehled o jednotlivých metodikách vývoje systémů, jejich kategorizaci a hodnocení výhod a nevýhod těchto metodik. Dále popisuje fáze životního cyklu informačního systému, které vychází z metodik.

Hlavní část práce je zaměřena na charakteristiku firemní metodiky a životní cyklus systému AirMap. Klade důraz na analýzu systému a požadavků uživatele, projektovou studii, vysvětlení použité technologie, podrobný popis tvorby datového modelu, postupy při implementaci, testování a zavedení systému do provozu. Závěrem práce hodnotí průběh projektu a jeho silné a slabé stránky.

2. Metodiky vývoje informačního systému

2.1 Definice pojmů

V obecném smyslu představuje metodika souhrn postupů pro realizaci určitého úkolu. Metodiky, které se zabývají vývojem a údržbou informačního systému bývají označovány jako metodiky vývoje IS. Při vymezení pojmu metodika vývoje IS je důležité uvést několik pohledů na definici metodiky.

Metodika budování IS definuje principy, procesy, praktiky, role, techniky, nástroje a produkty používané při vývoji, údržbě a provozu informačního systému, a to jak z hlediska softwarově inženýrského, tak z hlediska řízení (Buchalceková, 2005).

Metodika představuje obecně uznávané postupy a návody, které popisují činnosti při analýze, návrhu, vývoji, nasazování software stejně jako činnosti spojené s řízením projektu. Cílem metodiky je formalizovat postupy, definovat zodpovědnosti a pravidla komunikace (Voříšek, 1997).

Metodika tvorby informačního systému je doporučený souhrn etap, přístupů, zásad, postupů, pravidel, dokumentů, řízení, metod, technik a nástrojů pro tvůrce informačních systémů, který pokrývá celý životní cyklus informačních systémů. Metodika by se měla vztahovat na všechny prvky informačního systému, na pracovníky, data, software, hardware, organizační procedury, ekonomické otázky spojené s vývojem a provozem systému, doporučené dokumenty, způsoby řízení v jednotlivých fázích životního cyklu systému (Řepa, 1999).

2.2 Kritéria pro kategorizaci metodik

Při zpracování určitého typu projektu můžeme narazit na základní problém výběru vhodné metodiky. V oblasti řízení a podpory softwarových projektů existuje velké množství metodik, které ovšem nejsou jednotně popsány ani kategorizovány. Metodiky se mohou lišit podle toho, jakou část životního cyklu postihují a jakým způsobem definují jednotlivé kroky při tvorbě informačního

systému. Příčiny existence různých metodik mohou být následující (Buchalceková, 2005):

- různé technologie vyžadují různé techniky a metody
- organizace se liší firemní kulturou (při implementaci metodiky v organizaci je třeba analyzovat její firemní kulturu)
- každý jedinec je jedinečný (metodiku je třeba přizpůsobit konkrétním lidem, jejich znalostem a schopnostem)
- každý tým je jedinečný (jedinečnost jedinců vede k jedinečnosti týmů)
- projekty se liší velikostí týmu (pro malý tým lidí stačí relativně malá metodika)
- projekty se liší důležitostí (vytváření systému pro řízení letového provozu vyžaduje jinou metodiku než mzdová agenda)
- projekty se liší podle postavení produktu na trhu (pro produkt vstupující na trh se zpravidla nepoužívá metodika, pro produkt zavedený na trhu je možné aplikovat rigorózní metodiku a produkt, představující konkurenční výhodu je třeba vyvinout rychle pomocí agilní metodiky)
- projekt existuje v rámci určitého specifického vnějšího prostředí (některé projekty musí odpovídat určitým pravidlům)

Jednotlivé typy metodik můžeme přesněji charakterizovat podle kritérií. Kritérium vyjadřuje specifickou vlastnost dané metodiky. Kategorizace metodik je založena na těchto kritériích (Buchalceková, 2005):

Zaměření metodiky - je základní kritérium rozlišení metodik vývoje IS. Podle toho, zda je metodika zaměřena na vývoj systému organizace, nebo jen na jednotlivý projekt, dělíme metodiky na globální a projektové.

Rozsah metodiky - znamená počet fází životního cyklu informačního systému. Ty pak určují kde metodika začíná a kde končí. Fáze životního cyklu

mohou být například tyto - globální strategie, informační strategie, úvodní studie, globální analýza a návrh, detailní analýza a návrh, implementace, zavádění, provoz a údržba.

Váha metodiky - vlastnost, podle níž se rozlišují metodiky na lehké a těžké. Váha metodiky bývá označována také jako součin velikosti a hustoty metodiky. Velikost metodiky označuje počet kontrolních prvků a závisí na velikosti týmu. Pro malý tým postačuje malá (lehčí) metodika. Hustota metodiky je pak míra podrobnosti. Těžké metodiky, označované jako rigorózní, jsou charakteristické přesně definovanými procesy a činnostmi. Lehké metodiky, tzv. agilní, dávají přednost rychlému řešení a praxi před podrobnými procesy.

Typ řešení - Toto kritérium vychází ze skutečnosti, že postupy při vývoji zcela nového systému jsou jiné než při implementaci typového řešení nebo v případě rozšíření stávajícího řešení.

Doména - představuje určitou skupinu procesů, pro jejichž podporu je informační systém vytvářen. Kritérium Doména se aplikuje na projektové metodiky.

Přístup k řešení - kritérium, které se využívá v projektových metodikách, při rozšíření řešení nebo vývoji nového systému. Přístupy k řešení se pak dělí na strukturovaný vývoj, rychlý vývoj aplikací a objektově orientovaný vývoj.

kritérium Zaměření metodiky	
Globální metodiky	Projektové metodiky
kritérium Rozsah metodiky	
kritérium Váha metodiky	
kritérium Typ řešení	
	kritérium Doména
	kritérium Přístup k řešení

Obr. 1: Kritéria v rámci metodik (upraveno podle: A. Buchalceiová 2005)

2.3 Rigorózní metodiky

Rigorózní metodiky se při vývoji informačního systému snaží jednotlivé procesy a činnosti přesně definovat a naplánovat. Tento přístup může vést k tomu, že metodiky jsou méně účinné v případech kdy se rychle mění požadavky na rozvoj použitých technologií a výsledného systému.

Rigorózní metodiky bývají založeny na sekvenčním modelu životního cyklu informačního systému, při kterém jsou jednotlivé procedury, které vyvíjejí realizují přesně naplánovány. Existují rigorózní metodiky založené na iterativním vývoji. Příklad takových metodik jsou Rational Unified Process a Enterprise Unified Process (Merunka 2004).

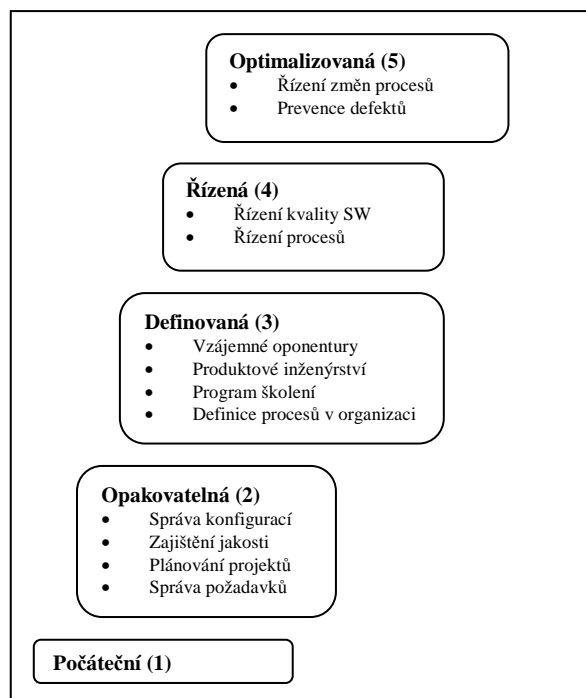
Model zralosti SW patří mezi „těžké“ globální metodiky. Vychází z předpokladu, že kvalita procesu určuje kvalitu produktu. Model definuje jednotlivé úrovně zralosti softwarových procesů v organizaci. Podle dosaženého stupně je pak možné zaměřit se na klíčové oblasti pro zlepšení vývoje.

Zralost SW můžeme členit do 5 úrovní (Lacko, 2005):

- *Počáteční úroveň* - zde dominují nahodilé procesy. Software je vytvářen bez firemních pravidel a jeho tvorba se často dostává do kritických situací.
- *Opakovatelná úroveň* - dobrých výsledků bývá dosaženo opakovaně. Firma využívá základních postupů projektového řízení, ale z projektu na projekt se přenáší jen některé úspěšné prvky řízení.
- *Definovaná úroveň* - software je vyvíjen podle předem stanoveného postupu, s využitím pokročilého projektového řízení a s cílem dosáhnout vývoje software ve stanoveném čase a se schválenými náklady. Kvalita softwaru je udržována na velmi dobré úrovni.
- *Řízená úroveň* - procesy jsou přesně definovány a zjištěné charakteristiky procesů jsou upravovány tak, aby se firma přizpůsobila

měnícím se podmínkám trhu, aniž by to mělo dopad na jakost vyvíjeného softwaru. Kvalita softwaru dosahuje vysoké úrovně.

- *Optimalizovaná úroveň* - zpětná vazba ovlivňuje následné softwarové projekty tak, aby se firemní procesy neustále zlepšovaly a dosahovaly optimálních parametrů. Firma dosahuje špičkové jakosti, aniž by náklady na kvalitu softwaru měly dopad na hospodaření firmy.



Obr. 2: Úrovně zralosti SW (upraveno podle: J. Král 1998)

Metodika OPEN (*Object oriented Process, Environment and Notation*) je zaměřena především na vývoj objektově orientovaných aplikací. Významně podporuje životní cyklus softwarové aplikace. Součástí tohoto cyklu je řízení projektu, dále podporuje modelování podnikových procesů a zaměřuje se také na kvalitu vývoje. Nevýhodou je zaměření pouze na úroveň projektu a na objektově orientovaný vývoj nového řešení.

Metodika RUP (*Rational Unified Process*) je charakterizována jako softwarový proces, který představuje disciplinovaný přístup k úkolům v organizaci zabývající se vývojem software (Buchalceová, 2005). Životní cyklus

software je zde rozlišen na 4 fáze (počáteční, elaborační, konstrukční, nasazení) přičemž předmětem každé z nich je nová verze produktu. Fáze je zakončena milníkem, což je časový okamžik, ve kterém by měly být splněny všechny cíle jednotlivých fází.

EUP (Enterprise Unified Process) je jako globální metodika zaměřena na vývoj informačního systému v rámci celé organizace. Je rozšířením metodiky Rational Unified Process především v oblasti řízení projektů, vytváření globální architektury, zařazení fází pro provoz, údržbu a odstranění produktu. Nevýhodou ale zůstává stále malý rozsah řešení a objektově orientovaný vývoj.

MMDIS (Multidimensional Management and Development of Information System) je globální metodika, která klade důraz na architekturu informačního systému. Rozlišuje dvě základní skupiny dimenzí vývoje. První skupina reprezentuje úroveň integrace IS, časovou dimenzi řešení a promítá se do jednotlivých fází vývoje. Druhá skupina zahrnuje obsahové dimenze, které představují pohledy na vyvíjený systém. Mezi významné výhody této metodiky patří multidimenzionální pohled na vývoj, globální zaměření a propojení systému s podnikovými procesy (Voříšek, 1997).

2.4 Agilní metodiky

Jedná se metodiky, které vznikaly od druhé poloviny 90. let a které prosazují myšlenku, že jedinou cestou k ověření správnosti systému, je co nejrychleji jej vyvinout, odevzdat zákazníkovi a na základě zpětné vazby upravit. Agilní přístup je vhodný pro projekty s často se měnícím zadáním a přizpůsobováním aktuální situaci. Mezi základní principy agilních metodik patří:

- Orientace na zákazníka a reakce na jeho požadavky
- Rychlý vývoj a předání produktu, který splňuje požadavky zákazníka
- Důraz na komunikaci všech účastníků projektu
- Podpora týmové práce a zvýšení efektivity vývoje software

- Inkrementální vývoj s krátkými iteracemi
- Využívání moderních technologií

Dále je uveden přehled nepoužívanějších agilních metodik a jejich charakteristika.

Dynamic Systems Development Method (DSDM) je projektová metodika zaměřená na inženýrskou oblast a kombinuje přístup rychlého vývoje aplikací s objektově orientovaným vývojem. Základní technikou používanou při analýze a návrhu je prototypování. Metodika DSDM je postavena na principech jako je aktivní zapojení uživatele, důraz na spolupráci mezi členy týmu, časté dodávky produktů, umožnění změn v průběhu vývoje a testování v průběhu celého životního cyklu.

Hlavní vlastností metodiky **Adaptive Software Development (ASD)** je nahrazení statického životního cyklu dynamickým cyklem, který má 3 složky - spekulace, spolupráce a učení. Fáze spekulace podporuje zkoumání a větší možnost změn na úkor plánování. Spolupráce je fáze kdy probíhá sběr velkého množství informací, jejich analýza a následná aplikace při řešení. Fáze učení znamená hodnocení kvality řešení, prověřování znalostí a poučení se z výsledků.

Feature Driven Development (FDD) je středně těžkou metodikou, zaměřenou na objektově orientovaný vývoj, podporuje procesní řízení a zdůrazňuje úlohu modelování při vývoji. Podporuje iterativní vývoj, který začíná vytvořením celkového modelu a pokračuje posloupností iterací, ve kterých se provádí návrh a realizace pro jednotlivé užité vlastnosti. Užité vlastnosti je malý výsledek užitečný z pohledu zákazníka, je srozumitelný, měřitelný a realizovatelný spolu s dalšími v rámci iterace (Buchalcevová 2005).

Lean Development je metodika která se zaměřuje na řízení vývoje software, strategickou úroveň a klade důraz na dynamickou stabilitu při vývoji. Definuje pravidla „štíhlé výroby“, podle kterých je možné vytvářet stabilní procesy a přizpůsobovat se rychle požadavkům na vývoj. Cílem Lean development je

vyvíjet software za třetinu obvyklého času s třetinovým rozpočtem a s třikrát menším množstvím chyb.

Scrum vychází z poznání, že rigorózní metodiky s přesnými fázemi, úlohami a činnostmi mají jisté nedostatky. Metodika Scrum je zaměřena hlavně na oblast řízení projektu a empirické procesy. Samotný vývoj probíhá v 30 denních iteracích nazývaných Sprint, ve kterých se dodává vybraná množina užitečných vlastností. Klíčovou praktikou je používání každodenních 15 minutových porad pro koordinaci prací. Výhodou metodiky Scrum je orientace na řízení týmu, zásahy vedení organizace a důraz na řízení rizik v průběhu celého vývoje (Pergl, 2005).

Extrémní programování je metodika charakteristická pro malé týmy vývojářů, kteří pracují s rychle se měnícím zadáním požadavků na výsledný systém. Zavádí specifické praktiky jako párové programování (neustálá revize zdrojového kódu), refaktORIZACE (zařazení návrhu jako každodenní činnosti) nebo testy před kódováním. Extrémní programování vychází z principů a postupů běžných při vývoji software, které však dovádí do extrémů (Buchalceová, 2005).

Agilní modelování je lehká metodika založená na praktikách, principech a hodnotách, které jsou odvozeny z metodiky Extrémní programování. Chápe modelování je základní součástí vývoje software. Agilní model je takový model, který plní svůj účel, je pochopitelný, dostatečně přesný, konzistentní, detailní a je co možná nejjednodušší.

Crystal metodiky představují souhrn metodik, které jsou určeny pro projekty různé důležitosti a rozsahu. Jádrem metodik představují hodnoty a principy, zatímco každá ploška představuje určitou množinu prvků (technik, rolí, nástrojů a standardů). Všechny metodiky z rodiny Crystal jsou postaveny na stejných hodnotách - síla komunikace a lehkost produktu. Crystal metodika je oproti jiným agilním metodikám více podrobná a konkrétní ve svých doporučeních. Proto je vhodná pro méně zkušené vedoucí projektů (Pergl, 2005).

2.5 Srovnání metodik

Hlavním kritériem, které odlišuje agilní a rigorózní metodiky je kritérium Váha metodiky. Rigorózní metodiky jsou většinou složité a málo účinné v podmínkách rychle se měnících požadavků na systém. Vyžadují větší množství dokumentace a tím komplikují výslednou implementaci systému. Tradiční rigorózní metodiky vývoje softwaru přestávají vyhovovat a tak dochází k jejich nahrazení metodikami agilními.

V současné době se prosazují agilní přístupy, účinné hlavně v menších týmech, které mají možnost pravidelné a přímé komunikace se zákazníkem. Agilní metodiky ale nelze dobře použít u velkých projektů, kde se naráží na nedostatek průběžného kontaktu se zadavateli a na potřebu plánování projektu. Agilní přístup umožňuje vytvářet řešení velmi rychle a je oblíben u vývojářů, kteří pracují s objektově orientovanými technologiemi.

Pro úspěch agilního přístupu k řešení je nezbytně nutné mít zajištěnu technickou podporu týmu (vývojové prostředí, refaktoring, sdílení kódu, testování) a koordinovaný a průběžný kontakt se zákazníkem (Merunka, 2004).

3. Modely životního cyklu informačního systému

3.1 Definice pojmu životní cyklus IS

Pojem životní cyklus informačního systému vychází z obecného pojmu životní cyklus produktu. Ten je rozdělen do šesti fází - výzkum a vývoj, uvedení na trh, růst prodeje, zralost, nasycení trhu a pokles prodeje. Počet vývojových fází informačního systému je podle různých autorů různý, většina se přiklání ke čtyřem fázím - zahájení, růst, dospělost, ústup. Životní cyklus můžeme charakterizovat jako období, které začíná představou o vytvářeném systému a končí ve chvíli, kdy se systém přestane používat. To znamená, že životní cyklus IS postihuje všechny události a stavy, kterými systém projde od svého vzniku po zánik.

Do roku 2007 byl v platnosti standard ISVS 005/02.01 pro náležitosti životního cyklu informačního systému. Ten předepisoval strukturu dokumentů, které musí být v průběhu životního cyklu informačního systému vypracovány a pravidelně aktualizovány. Byl určen zejména pro správce informačních systémů veřejné správy a pro ostatní subjekty, které se rozhodnou spravovat informační systémy podle ustanovení tohoto standardu. Standardy ISVS jsou od 1. 1. 2007 zrušeny a některé z nich jsou podle zákona č. 365/2000 Sb. nahrazeny prováděcími právními předpisy a vyhláškami Ministerstva informatiky ČR.

3.2 Vztah metodiky a životního cyklu IS

Dokumenty vznikající při vývoji systému jsou vlastní metodikou provázány s jednotlivými fázemi a etapami životního cyklu IS. Tyto jednotky životního cyklu IS jsou propojeny přes milníky. Milníkem se rozumí kontrolní bod projektu, kdy dochází k porovnání naplánovaného postupu s postupem skutečným. Na základě zjištěných skutečností je rozhodnuto o dalším průběhu projektu. Z hlediska metodiky vývoje jde o završení ucelené části v životním cyklu IS (Krajčík, 2006).

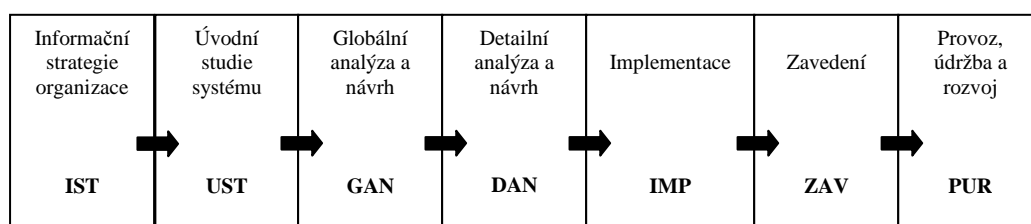
U každé etapy životního cyklu IS je doporučeno stanovit (Řepa, 1999):

- Cíl etapy (proč etapa má být provedena a co je jejím výsledkem)
- Účel a obsah etapy
- Předpoklady zahájení etapy (kdy je možné začít s pracemi)
- Kritéria ukončení etapy (kdy je možné prohlásit etapu za ukončenou)
- Klíčové dokumenty etapy
- Kritické faktory etapy (faktory, které mohou způsobit problémy při vývoji)
- Činnosti etapy (seznam a popis činností, které se v etapě provádějí)

Každá etapa je tedy rozdělena na činnosti, které je třeba v dané etapě udělat.

Pro činnost by měl být metodikou popsán:

- Cíl činnosti
- Jednotlivé kroky činnosti
- Vstupy (z jakých dokumentů se v dané činnosti čerpá)
- Výstupy (jaké produkty a dokumenty se v dané činnosti vytvářejí)
- Zúčastněné profese a odpovědnost
- Doporučené techniky a nástroje



Obr. 3: Životní cyklus IS (upraveno podle: V. Řepa 1999)

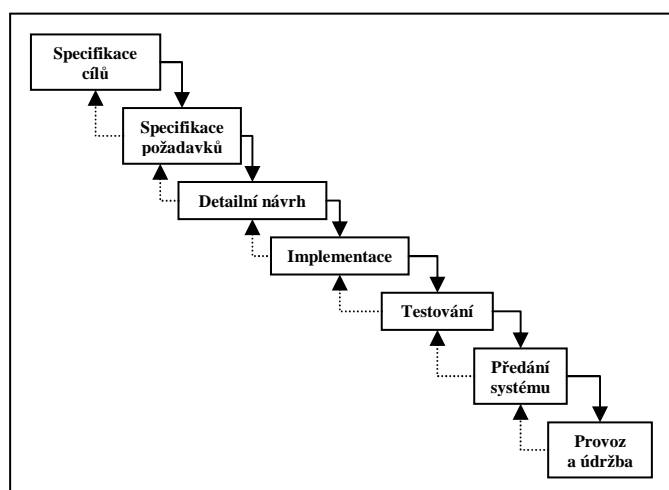
Při tvorbě informačních systémů lze použít různé modely životního cyklu IS, které lze rozdělit do tří základních kategorií: sekvenční, iterativní a evoluční.

3.3 Sekvenční model

Sekvenční model zastává postup, že od zadání k řešení je možné dojít pomocí navazujících činností, které lze předem naplánovat. Nejznámější varianta sekvenčního modelu je tzv. vodopádový model.

3.3.1 Model vodopád

Tento model patří mezi klasické modely životního cyklu používané již v minulosti k výstavbě automatizovaných systémů řízení. Základní charakteristikou modelu vodopád je, že při návrhu IS se provádí postupně jednotlivé etapy životního cyklu, které na sebe navazují a vzájemně se neprotínají. Etapy se provádí podle přesného plánu realizace a zpětně se k nim nevrací, dokončená etapa je vstupem etapy následující (Šmíd, 1995).



Obr. 4: Jednotlivé fáze modelu vodopád (upraveno podle: V. Šmíd 1995)

Výhody modelu vodopád - možnost řízení a sledování postupu řešení, rychlý a levný postup při vývoji (pokud nenastanou problémy), uplatňuje se při návrhu systému, kde je známý problém a způsob jeho řešení.

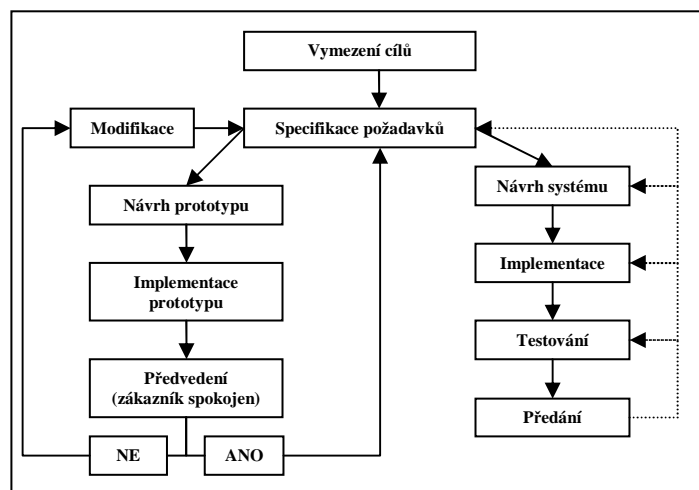
Nevýhody modelu vodopád - nutnost nadefinování přesných požadavků na systém předem, výsledek zjistitelný až po předání projektu, náročná oprava chyb.

3.4 Iterativní model

Iterativní vývoj představuje opakované provádění jednotlivých fází při vývoji IS. Výsledkem každé iterace je funkční verze systému. Metodiky doporučují krátké iterace. Takový vývoj probíhá pro celý systém nebo ve spojení s vývojem po přírůstcích. Model je založen na myšlence, že je možné se vracet do předchozích fází vývoje za účelem zpřesnění zadání. Nejznámější varianty tohoto přístupu jsou prototypový model a spirální model (Merunka, 2004).

3.4.1 Prototypový model

Základní charakteristikou prototypového modelu je předpoklad změn výchozích požadavků a umožnění reakce na tyto změny. Hlavním cílem je urychlení vývoje IS pomocí prototypů. Prototyp můžeme chápat jako zjednodušenou implementaci systému nebo jeho části. Tato implementace je provedena v co nejkratším čase a umožňuje zákazníkovi reagovat na výsledky. Na základě připomínek zákazníka probíhá upřesnění požadavků a modifikace prototypu. Dále následuje návrh a implementace systému (Šmíd, 1995). Výhody prototypového modelu jsou v možnosti průběžně doplňovat a zpřesňovat zadání. Nevýhodou je náročné vytáření prototypů pro velké systémy, horší možnost řízení projektu a sledování postupu řešení.



Obr. 5: Schéma prototypového modelu (upraveno podle: V. Šmíd 1995)

3.4.2 Model spirála

Model je kombinací prototypového přístupu a analýzy rizik. Základem celého modelu je neustálé opakování vývojových kroků tak, že v každém dalším kroku se na ověřenou část systému přibalují části na vyšší úrovni.

Výhody modelu spirála - využívá ověřené kroky vývoje a analýzou rizik předchází chybám, umožňuje konzultovat požadavky zákazníků v jednotlivých krocích a modifikovat systém podle upřesněných požadavků, verze systému je možné sledovat a hodnotit při jejich postupném vzniku.

Nevýhody modelu spirála - řešení vyžaduje neustálou spolupráci zákazníků, proto není vhodný pro systémy vyvíjené na zakázku bez účasti uživatelů, neumožňuje přesné naplánování termínů a tím i jejich plnění (Šmíd, 1995).

3.5 Evoluční model

Evoluční model životního cyklu je založen na myšlence provádění projektu postupně po menších částech. Systém vzniká tak, jak se během vývoje mění požadavky. Nejznámější varianta tohoto přístupu je inkrementální programování a agilní metodiky (Šmíd, 1995). Výhodou tohoto přístupu je možnost postupného vývoje, údržby a krátké době mezi zadáním a řešením dílčího požadavku. Nevýhodou je velmi obtížné řízení a sledování projektu, především u projektů většího rozsahu.

4. Firemní metodika vývoje informačních systémů

Firemní metodika HSI a její obecný přístup k realizaci projektů vychází z metodiky LBMS. Pro každý projekt je tento metodický postup modifikován v závislosti na charakteru vyvíjeného systému a zaměření uživatele.

4.1 Metodika LBMS

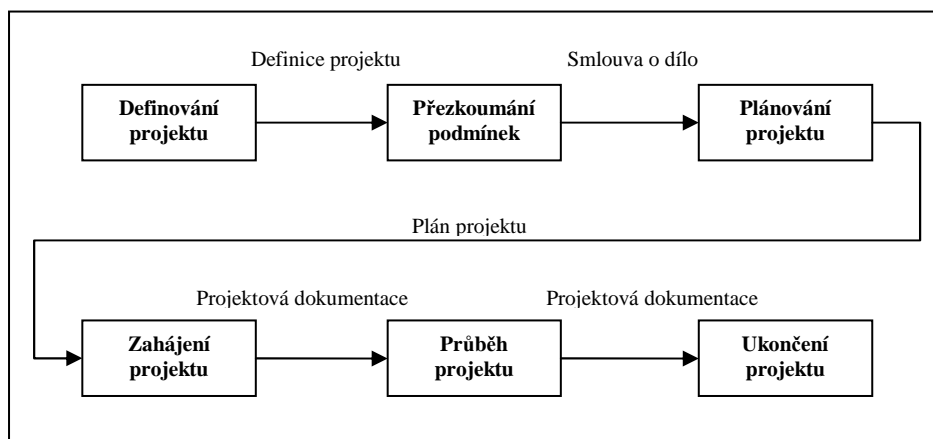
Metodika LBMS (Let our brain make your success) je zaměřena na oblast vývoje aplikací (Development Method) a na projektové řízení (Project Management).

LBMS Development Method je ucelená, pragmatická metodika poskytující konkrétní návod na postup vývoje a následné údržby vícevrstevných aplikací. Je určena pro objektově orientovaný vývoj a využívá technik standardu UML spolu s technikami pro modelování firemních procesů a datové modelování. Je tvořena souhrnem ověřených moderních technik, které jsou integrovány do jasně definovaného životního cyklu. Obsahuje tři části - dodávka komponent, řízení komponent a dodávku řešení. Zavedení metodiky umožňuje vývojovým týmům snížit rizika softwarových projektů, zvýšit kvalitu vyvíjených aplikací, definovat zodpovědnosti v rámci vývojového procesu a maximálně využít potenciálu moderních technologií.

LBMS Project Management je metodika projektového řízení. Zabývá se definicí projektových činností a obsahuje všechny fáze životního cyklu projektu.

4.2 Realizace informatických projektů

Životní cyklus projektů vytvářených firmou HSI se skládá z jednotlivých procesů, které jsou realizovány procesním modelem informatických projektů. Tento model se skládá z šesti na sebe navazujících částí, v každé z nich jsou jasně vymezeny úkoly, vstupy a výstupy.



Obr. 6: Schéma procesního modelu

1. Definování projektu

Účelem tohoto procesu je jasně vymežit rozsah projektu a nastavit základní parametry pro sestavení plánu projektu. Vymežit cíle, produkty a případná omezení projektu. Specifikovat legislativu, použité standardy, rizika projektu a způsoby eliminace těchto rizik. Proces definování projektu nemusí být prováděn u každého projektu. Provedení procesu závisí na dohodě zákazníka a řešitele, zda z hlediska rozsahu a náročnosti projektu je vhodné definici projektu zpracovat. Vstupem do této části je poptávka sponzora projektu (zákazníka), výstupem je definice projektu (projektový záměr).

2. Přezkoumání podmínek dodávky řešení

Tento proces obsahuje přijetí objednávky (ta může mít charakter návrhu smlouvy), její přezkoumání, zpracování návrhu smlouvy, přezkoumání návrhu smlouvy a uzavření smlouvy.

3. Plánování projektu

Cílem této části je sestavení plánu projektu a jeho schválení v souladu se smlouvou o dílo případně definicí projektu. Dále pak seznámení členů týmu s výstupy a milníky projektu, riziky projektu a s jejich úkoly a rolími na projektu.

4. Zahájení projektu

Odpovídá včasnému zahájení věcného plnění projektu. Vedoucí projektu dohodne schůzku se zákazníkem, například formou úvodního kontrolního dne,

dále upřesní určení a časovou dostupnost zdrojů poskytovaných zákazníkem (jmenování členů projektového týmu za zákazníka). Jsou definována pravidla spolupráce a komunikace se zákazníkem včetně technicko-organizačních otázek.

5. Průběh projektu

Vlastní průběh projektu se dělí na následující subprocesy:

a) Sledování průběhu projektu - sledování stavu a postupu projektu tak, aby probíhal v souladu s plánem projektu. Primárními kontrolními body, v nichž postup projektu musí být kontrolován, jsou v plánu stanovené milníky projektu (kontrolní dny). Řeší se vzniklé problémy projektu zahrnující zejména řešení nedostatku zdrojů a jejich získávání. Dochází k ověření vlastností systému před jeho uvolněním zákazníkovi tak, aby byl v souladu s předmětem plnění smlouvy. To znamená provedení přezkoumání podle testovacího scénáře a zaznamenání všech výsledků testování.

b) Dodání a zavedení - předání produktu zákazníkovi v souladu se smlouvou o projektu a plánem projektu. Je-li produkt dodáván po částech, musí být zajištěna koordinace všech zúčastněných na instalaci formou zápisů, finální předání pak předávacím protokolem.

c) Řízení požadavků a změn - přezkoumání požadavku změny rozsahu projektu od zákazníka a to zejména z hlediska jejich dopadu na plán projektu a jeho organizaci, na návazné projekty nebo systémy a na jakost díla, podle následujících kritérií: typ změny, rozsah změny, kritická místa.

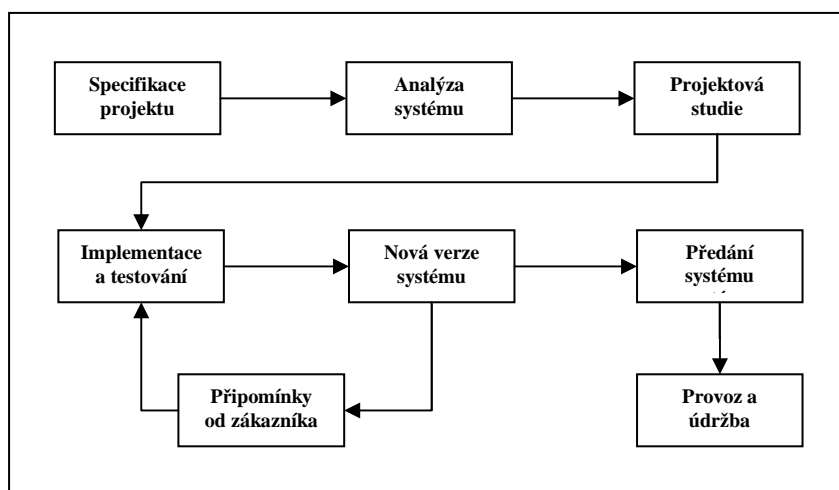
6. Ukončení projektu

Archivace projektového adresáře a výsledků projektu. Zpracování hodnocení projektu a jeho přínosů na základě závěrečné zprávy o projektu a dalších údajů.

5. Životní cyklus informačního systému AirMap

Projekt AirMap se svým rozsahem řadí mezi malé projekty, proto byla pro účely jeho zpracování použita lehká projektová metodika, vycházející z vlastností prototypového modelu životního cyklu. Postup odpovídá vývoji zcela nového systému a prototyp zde zastávají jednotlivé verze produktu.

V této kapitole jsou popsány fáze geografického informačního systému AirMap, tak jak postupně vznikal. Jednotlivé fáze jsou spolu úzce provázány. Implementace vychází z návrhu systému, konečné předání systému je zase podmíněno schválením aktuální verze zákazníkem.



Obr. 7: Schéma životního cyklu projektu AirMap

Specifikace projektu bývá nazývaná také jako předběžná analýza, nebo specifikace cílů. Základem celkového návrhu, vývoje i jakékoli úpravy stávajícího systému jsou požadavky uživatelů a cíle organizace.

Analýza systému (specifikace požadavků) je částí životního cyklu, která klade důraz na návrh funkčnosti nového produktu a zpracování všech požadavků uživatele na systém.

Projektová studie (návrh systému) vychází z analýzy systému. Výsledkem je dokument, který je podkladem pro obsah smlouvy o návrhu a realizaci IS, časový

harmonogram, konkrétní implementace systému, podmínky předání a cena vyvíjeného produktu.

Implementace a testování - vlastní tvorba systému podle předchozího návrhu. Všímá si především analytických prací, to znamená nastavení systému, vytvoření datového modelu a funkčnosti v prostředí XFM. Implementace je spojena s testováním, které probíhá souběžně s vývojem systému. Fáze testování obsahuje přípravu dat pro testy, vytvoření testovacího prostředí, testování a případné opravy chyb v systému.

Předání první verze systému - zákazníkovi je poskytnuta první verze produktu (prototyp), obsahující většinu dat a požadavků na jeho funkčnost. Uživatel provede testy této verze a pokud ji schválí následuje dokončení a předání celého systému. V případě doplňujících požadavků nebo chyb ve funkčnosti se tyto zapracují do další verze.

Předání systému - tato část popisuje uzavření vývojových prací, konečné testy, instalace produktu u zákazníka, akceptační testy funkčnosti, předání dokumentace a zaškolení uživatelů.

Provoz a údržba - závěrečná fáze životního cyklu systému, kdy je produkt používán a v rámci údržby jsou řešeny konzultace funkčnosti, opravy chyb a další požadavky uživatele spojené s provozem.

5.1 Specifikace projektu

Prvním krokem při specifikaci cílů projektu bylo zhodnocení stavu současného systému, zjištění jeho nedostatků, návrh na případné změny, úpravy a nástin dalšího postupu řešení.

Pracovníci letecké informační služby používali v minulosti pro tvorbu map programové prostředí Bentley MicroStation verze 7. Tento program pracuje s výkresovými soubory ve formátu DGN. Všechny prvky ve výkresech (buňky, linie, polygony, popisy) byly při každém umístění do mapy kresleny ručně a bez

vazeb na atributy, což bylo nejen pracné a nepřehledné, ale tento postup nebyl vhodný zejména pro následnou aktualizaci objektů a jejich vlastností.

Vznikl tedy požadavek na kompletní zpracování datového modelu všech objektů a jejich atributů používaných při tvorbě leteckých map, vytvoření systému pro tvorbu a aktualizaci map a možnost exportu objektů pro účely dalšího zpracování.

Při návrhu nového řešení byly zohledněny možnosti programu MicroStation XM Edition a jeho nadstavby BentleyMap. Tato nadstavba pracuje s technologií XFM, která poskytuje rozšířená XML metadata, pomocí nichž lze modelovat mapové objekty. Nový systém tak bude využívat těchto vlastností BentleyMapu.

Na základě tohoto návrhu byl definován účel nového systému takto: „Systém AirMap jako aplikační nadstavba nad MicroStation XM (BentleyMap) bude sloužit k přenosu grafických i negrafických dat z datového modelu do systému LIS s využitím XFM technologie a k tvorbě a údržbě leteckých map. Dojde tak ke sjednocení a aktualizaci používaného SW na platformě MicroStation XM.“

5.2 Analýza systému

Cílem analýzy systému je specifikace klíčových požadavků, které zákazník na řešení má a jasné vymezení toho, co od řešení očekává.

Sběr uživatelských požadavků na nový systém a jeho funkčnost probíhal formou konzultací u zákazníka. Byly domluveny termíny jednotlivých konzultací a navrženi zástupci na straně zákazníka a dodavatele, odpovědní za aktualizaci a předávání dokumentů s požadavky. Vzniklo tedy několik dokumentů (kompletní přehled je součástí příloh), které specifikují vstupní data a jejich vlastnosti:

Seznam_objektu.pdf - podklad pro tvorbu exportní aplikace, definuje očekávané vstupní hodnoty, požadavky na atributy jednotlivých mapových objektů a výstupní adresářovou strukturu.

Mapy.pdf - původní dokumenty od zákazníka, obsahuje specifikaci všech objektů a jejich atributů v systému a popis vkládání objektů do map.

Object: Maják
Attributes:
jméno / name
typ (NDB, VOR, VOR/DME, LLZ, DME, NDB/DME, NDB/DME (GPS), NDB (GPS), TACAN, MKR, OM, MM)
morzeovka
kmítčet / frequency
souřadnice / coordinates
nadmořská výška / Elevation
poznámky / note (general text)
Zobrazení (limited list: AIP ENR, AIP AD, LŘ, FLIP, LOM, 500, 250)

Obr. 8: Ukázka požadovaných atributů pro objekt „Maják“

Znackovy_klic.dgn - přehled všech objektů ve výkrese DGN. V tomto dokumentu je již ukázka jak by měl vypadat konkrétní objekt, včetně rozlišení podle vrstvy, symbologie, jednotlivých atributů a popisů. Symbologie značek vychází z normy ICAO (Mezinárodní organizace pro civilní letectví). Dokument obsahuje také tabulku s číselníkem letišť a symboly letišť, které sloužily jako podklad pro vytvoření knihovny buněk v prostředí MicroStation.

ČR	AIP+LŘ	VELKÉ MAPY	ENR MAPY
LK P PROSTOR MEZINÁRODNÍ	LK P1 FL 80 GND	LK P4 5000 AMSL GND	LK P1 FL 80 GND
LK R PROSTOR MEZINÁRODNÍ	LK R1 FL 410 GND	LK R7 5000 AMSL 3000 AMSL	LK R1 FL 410 GND
LK D PROSTOR MEZINÁRODNÍ	LK D7 FL 90 GND	LK D1 1000 AGL GND	LK D7 FL 90 GND
LK TSA PROSTOR MEZINÁRODNÍ	LK TSA22 1000 AGL 300 AGL	LK TSA55 FL 240 FL 120	LK TSA22 1000 AGL 300 AGL
LK TRA PROSTOR MEZINÁRODNÍ	LK TRA69 1000 AGL 300 AGL	LK TRA69 FL 240 FL 120	LK TRA69 1000 AGL 300 AGL

Obr. 9: Ukázka návrhu symbologie pro “Prostor mezinárodní“

Dalšími podklady pro definování vlastností systému byly seznamy objektů v dokumentech PDF (kódy letišť, radionavigační zařízení, volací znaky a další). Pracovníci letecké informační služby také dodali mapové podklady formátu DGN pro ukázku tvorby objektů.

Podle těchto podkladů byl zpracován návrh datového modelu v prostředí Microsoft Excel do souboru **datovy_model.xls**. Obsahuje všechny objekty, atributy, jejich typy a parametry, názvy číselníků, hodnoty v číselnících a další specifické vlastnosti objektů, jako například povinné vyplnění atributů při

umístění do mapy. Model bere v úvahu také to, že systém je rozdělen do tří uživatelských prostředí (AIPLR, ENR, VM), přičemž každé má vlastními objekty a požadavky na jejich umístění. Tento dokument byl průběžně aktualizován o změny, tak jak se rozvíjel návrh požadavků na funkčnost systému. Návrh datového modelu slouží jako podklad pro definování všech objektů a jejich vlastností v prostředí Bentley Geospatial Administrator.

Tab. 1: Ukázka datového modelu - definice objektu „Maják“

Objekt	název atributu	jméno	export	typ atributu	definice pole	povinný	číselník
Maják	typ	Typ	typ	combobox	string 32	ano	majak_typ_aip
	druh zarizeni	Druh zařízení		textbox	string 24		
	nazev	Jméno stanice	-	combobox	string 25	ano	majak_stanice
	ID	ID	id, nazev	combobox	string 25	ano	majak_id
	ucel	Účel	-	combobox	string 25		majak_ucel
	souradnice_N	Souřadnice N		textbox	string 25		
	souradnice_E	Souřadnice E		textbox	string 25		
	provozni_doba	Provozní doba	provozní doba	textbox	string 255		
	elev_anteny	ELEV anteny	elev Antény	textbox	string 10		
	frekvence	Frekvence	frekvence	textbox	string 25		
	frekvence_ch	Frekvence CH	frekvence_ch	richtextbox	string 25		
	popis_objektu	Popis objektu	-	richtextbox	string 100		
	podlomeni	Podlomení	-	textbox	string 5		
	poznámka	poznámka	poznámka	richtextbox	string 255		

Tab. 2: Ukázka datového modelu - hodnoty číselníku pro typ majáku

Název číselníku	Hodnoty
majak_typ_aip.dat	BPRNS
	DME
	GPS_FLY_BY
	GPS_FLY_OVER
	LLZ
	MKR
	MM
	NDB
	OBECCNY
	OM
	TACAN
	VOR
	VOR/DME

5.3 Projektová studie

5.3.1 Účastníci projektu

Bentley Systems ČR - dodavatel softwarových technologií pro architekturu, inženýrství a stavebnictví (MicroStation, BentleyMap).

HSI, spol. s r.o. - společnost nabízející komplexní IT a GIS řešení s podporou grafiky.

Letecká informační služba - organizační složka ŘLP ČR, která zajišťuje informace pro bezpečnost, pravidelnost a hospodárnost letového provozu.

5.3.2 Plán a harmonogram projektu

Ve fázi návrhu systému vznikl projektový plán, který definuje účel projektu, specifikaci funkčnosti, technické vymezení a metodické zabezpečení projektu. Součástí projektového plánu je i harmonogram projektu, který obsahuje konkrétní návrh postupu prací, rozdělení řešení do etap, přidělení rolí v projektovém týmu, úkolů, plánované kapacity a termíny dokončení. Byly také stanoveny kontrolní dny u zákazníka pro sledování postupu řešení.

analýzy
analýzy + zadání
definice řešení
konzultace
1. etapa - XFM model a exportní aplikace
XFM model
knihovny buněk, čar, textových stylů
načítání souř. systému WGS-84, Lambert v MDL
exportní aplikace
testování exportu
2. etapa - podpora tvorby a editace dat
určování typu mapy
řešení oblouků
umísťování polygonu + převzetí průběhu státní hranice
studium XML anotace
anotace bodových objektů
anotace liniových objektů
anotace polygonů
mechanismus pro sekvenční zadávání popisek
ověření technologie kreslení v souř. systému WGS-84
ověření práce s tzv. "Annotation scale"
testování
ostatní
dokumentace
instalace
zaškolení
Rízení projektu
administrativa
jednání
porady

Obr. 10: Ukázka harmonogramu projektu - návrh rozdělení úkolů

5.3.3 Technické vymezení projektu

Předmětem plnění je vývoj, implementace, testování, instalace a následná podpora prostředí a nástrojů pro tvorbu „modelů“ letových prostorů, bodů a letových tratí na stávajícím pracovišti letecké informační služby v prostředí MicroStation XM.

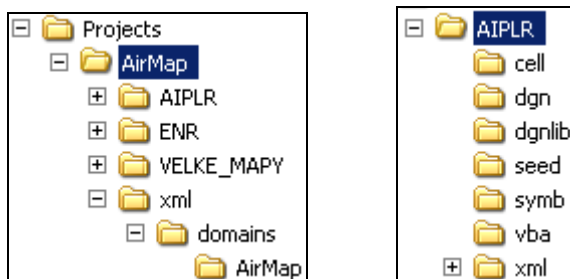
Spolu s dodanými programovými nástroji bude na potřebný počet pracovišť poskytnuto právo k užití aplikačních nadstaveb. Letové prostory, body a tratě budou reprezentovány XFM objekty s negrafickými atributy, pomocí speciálních XFM anotací a umístěny v rámci DGN souborů formátu v8. Pro jednotlivé objekty bude definován dynamický vzhled v závislosti na typu mapy a hodnotách negrafických atributů. Uživatel bude zodpovědný za umístění objektů do správných map a referencování map pro účely geografické reprezentace objektů.

5.4 Implementace

Analytická část implementační fáze se skládá z několika kroků. Především je to základní nastavení systému, příprava dat a datového modelu v prostředí XFM, příprava instalace a dokumentace programu a průběžné testy funkčnosti.

5.4.1 Nastavení systému

Úvodní nastavení systému, vytvoření adresářové struktury a základních souborů slouží jako podpora pro práci v uživatelských prostředích AirMapu. Všechna data související s datovým modelem se budou po instalaci ukládat do adresáře AirMap (\\WorkSpace\\Projects\\AirMap\\).

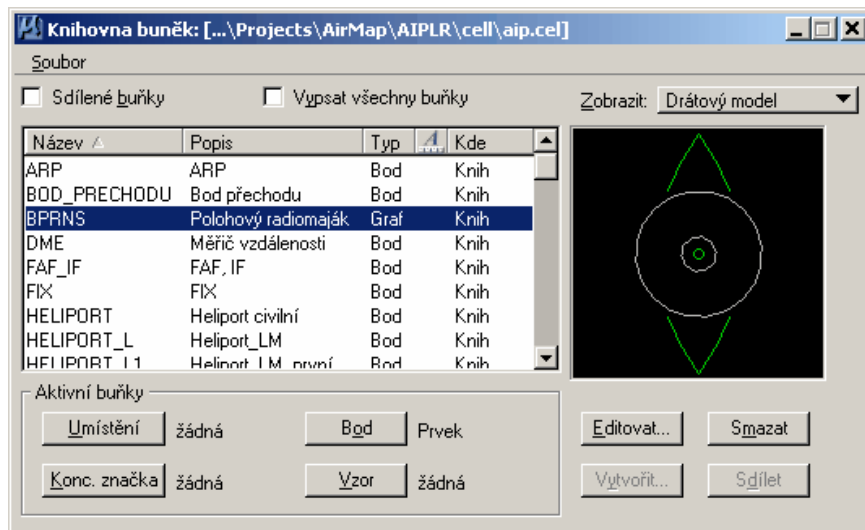


Obr. 11: Adresářová struktura datového modelu - obsah adresáře AirMap

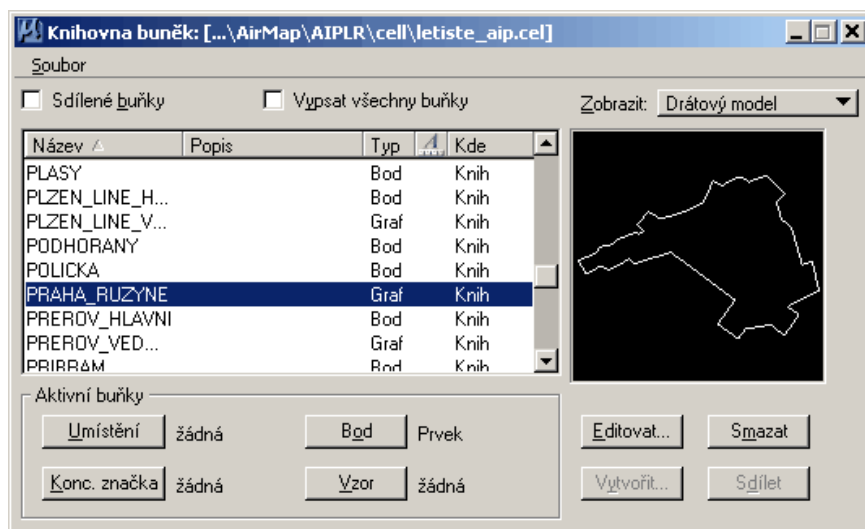
Adresář AirMap je členěn na adresáře AIPLR, ENR a VELKE_MAPY, které odpovídají jednotlivým uživatelským prostředím a adresář XML, obsahující všechny číselníky.

Uživatelské prostředí AIPLR má následující adresářovou strukturu:

- **Adresář CELL** - zde jsou uloženy knihovny buněk „aip.cel“ (obr.12), „letiste_aip.cel“ (obr.13) a „anotace_aip.cel“, které obsahují bodové objekty, buňky letišť a buňky pro anotaci objektů. Vznikly nakreslením buněk z podkladových souborů do výkresu DGN a následným uložením každé z nich pod jednoznačným jménem do knihovny.
- **Adresář DGN** - obsahuje pracovní výkresy s příponou DGN, do kterých uživatel kreslí
- **Adresář DGNLIB** - soubor „airmap.dgnlib“ definuje všechny vrstvy do kterých je možné vkládat objekty
- **Adresář SEED** - základací výkres „seed2d.dgn“ slouží jako vzor při vytváření výkresů. Obsahuje přednastavené parametry, které ovlivňují vlastnosti nového výkresu a uživatel je tak nemusí pokaždé nastavovat. Do základacího výkresu byly nastaveny pracovní jednotky (hlavní jednotky = m, vedlejší jednotky = mm) a souřadnicový systém.
- **Adresář SYMB** - do tohoto adresáře se ukládají soubory obsahující uživatelské styly čar. Zde je soubor „Aimap.rsc“.
- **Adresář VBA** - uložení VBA aplikací pro podporu kresby.
- **Adresář XML** - obsahuje XML soubory aktuálně vygenerované z prostředí Bentley Administrator. Vytvoření a aktualizace těchto souborů je popsána samostatně v kapitole „Tvorba datového modelu pomocí technologie XFM“.



Obr. 12: Knihovna buněk „aip.cell“ pro bodové objekty v prostředí AIPLR



Obr. 13: Knihovna buněk „letiste_aip.cell“ pro letiště v prostředí AIPLR

5.4.2 Popis technologie XFM

BentleyMap rozšiřuje základní možnosti programu MicroStation o nástroje pro přesnou tvorbu prostorových dat, jejich aktualizaci a analýzu. Prostřednictvím aplikace Bentley Geospatial Administrator poskytuje uživatelům a vývojářům rozhraní XFM pro vývoj interaktivních aplikací bez nutnosti programování.

Technologie XFM (XML based Feature Modeling - modelování mapových objektů pomocí XML) byla primárně vyvinuta pro telekomunikační průmysl a poprvé uvedena jako součást produktu MicroStation GeoGraphics V8 2004 Edition.

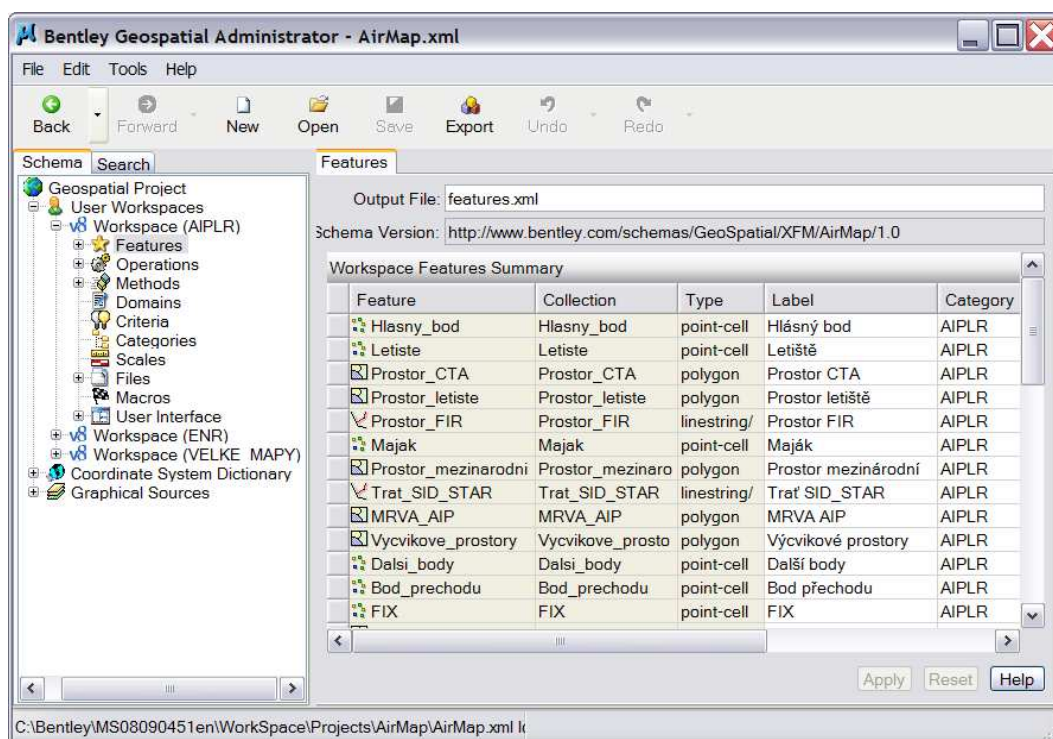
XFM popisuje objekty a operace pomocí vlastností, které jsou definovány v aplikaci Bentley Geospatial Administrator a uloženy jako XML metadata. Definuje pravidla, která umožňují objektům určovat jejich vzhled podle hodnot uložených v attributech. Uživatel tak má možnost pracovat současně s grafickými i negrafickými daty, spravovat je v rámci více datových modelů a rozlišovat jednotlivé objekty podle barvy, tloušťky a dalších atributů.

BentleyMap uchovává všechna metadata v XML souborech, kde jsou hodnoty uloženy jako řetězce. Typ a velikost specifikace definované pro vlastnost jsou určeny na úrovni uživatelského prostředí. Vlastnosti jsou odlišeny názvy. To znamená, že uživatelský vstup umožňuje zadat jenom platné hodnoty vlastností. Pokud je třeba se na vlastnost odkazovat mimo kontext jejího majitele, je třeba dodržet určitá pravidla při pojmenování.

Každý projekt vytvořený v XFM obsahuje uživatelské prostředí (obr. 14), které má následující strukturu:

- Features (objekty) - vytváření objektů, nastavení symbologie a přiřazení atributů.
- Operations (operace) - vzhled dialogů pro umístění a editaci objektů.

- Methods (metody) - určení metod nutných pro spuštění umístovacích procedur.
- Domains (číselníky) - definování typů číselníků a hodnot v nich obsažených.
- Criteria (kritéria) - podmínky pro nastavení symbologie objektů.
- Categories (kategorie) - přiřazení jednotlivých objektů do kategorií.
- Scales (měřítka) - nastavení volby měřítek do menu aplikace. Vhodné pro další využití při práci s objekty v mapě.
- User interface (uživatelské rozhraní) - možnost vytvoření vlastního menu a správce příkazů.

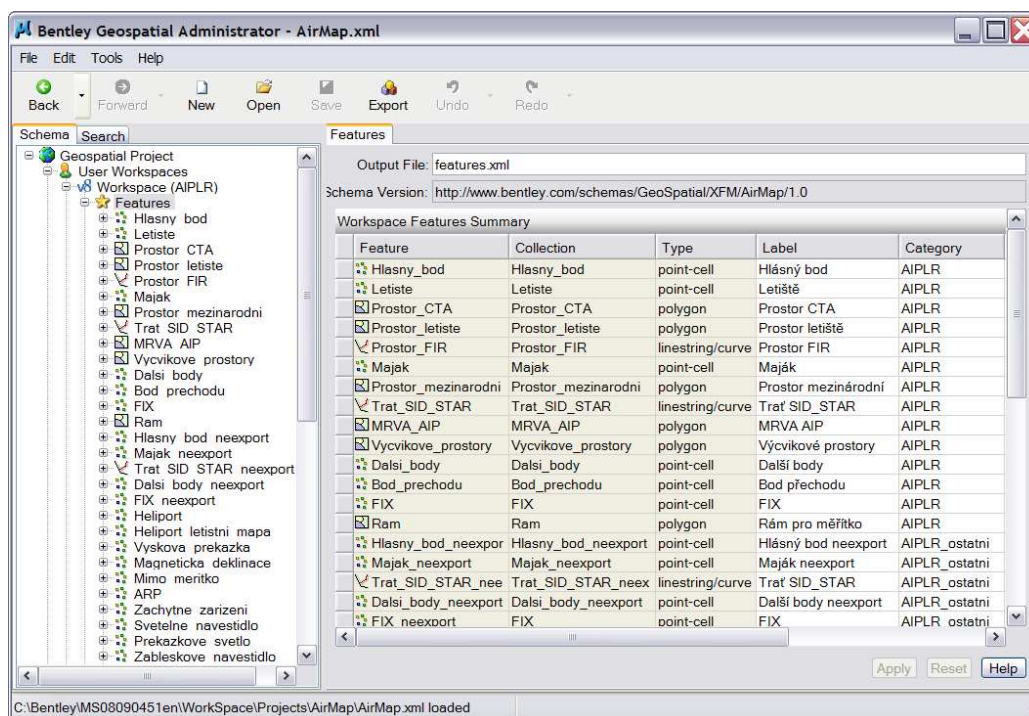


Obr. 14: Bentley Geospatial Administrator

5.4.3 Tvorba datového modelu pomocí technologie XFM

Na podkladě datového modelu byly zpracovány všechny objekty a jejich atributy v aplikaci Bentley Geospatial Administrator. Projekt obsahuje tři uživatelská prostředí (user workspaces) - AIPLR, ENR a Velké mapy. Jako příklad konfigurace systému technologií XFM je dále popsáno nastavení uživatelského prostředí AIPLR a konkrétní objekt „Maják“.

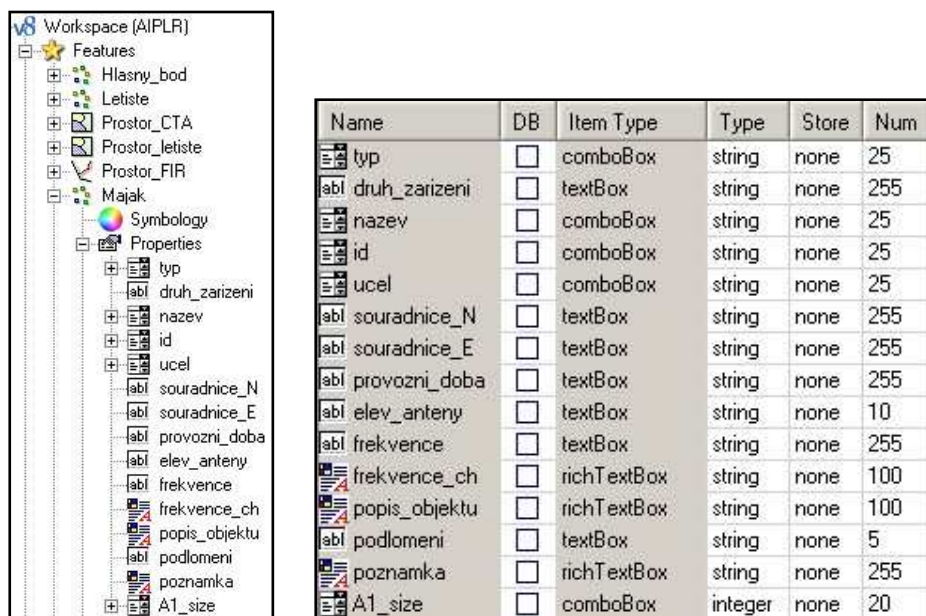
Features (objekty) - V rámci prostředí AIPLR byly podle datového modelu nadefinovány jednotlivé objekty a přiřazeny jejich typy a kategorie (obr. 15).



Obr. 15: Přehled objektů a jejich typů v prostředí AIPLR

Definice XFM mapového objektu může obsahovat symbologii, atributy a podobijky. Všem objektům byly tedy přidány atributy podle datového modelu. Například objekt maják má tyto atributy (obr. 16) - typ, druh zařízení, název, ID, účel, souřadnice N, souřadnice E, provozní doba, elev antény, frekvence, frekvence CH, popis objektu, podlomení a poznámka. Atributy typu číselník mají odkaz na externí soubory, které obsahují konkrétní hodnoty atributů a jsou uloženy v adresáři \\xml\domains\AirMap. Pro typ majáku je to soubor

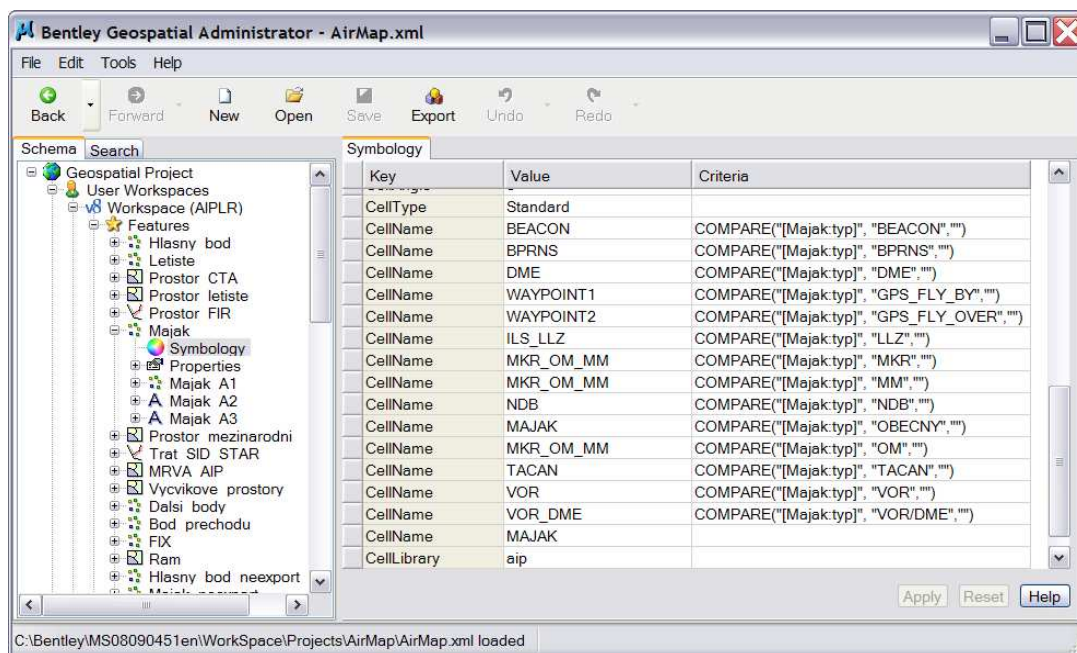
„majak_typ_aip.dat“, obsahující hodnoty - BPRNS, DME, LLZ, MKR, MM, NDB, OBECNY, TACAN, VOR, VOR/DME.



Name	DB	Item Type	Type	Store	Num
typ	<input type="checkbox"/>	comboBox	string	none	25
labl_druh_zarizeni	<input type="checkbox"/>	textBox	string	none	255
nazev	<input type="checkbox"/>	comboBox	string	none	25
id	<input type="checkbox"/>	comboBox	string	none	25
ucel	<input type="checkbox"/>	comboBox	string	none	25
labl_souradnice_N	<input type="checkbox"/>	textBox	string	none	255
labl_souradnice_E	<input type="checkbox"/>	textBox	string	none	255
labl_provozni_doba	<input type="checkbox"/>	textBox	string	none	255
labl_elev_anteny	<input type="checkbox"/>	textBox	string	none	10
labl_frekvence	<input type="checkbox"/>	textBox	string	none	255
labl_frekvence_ch	<input type="checkbox"/>	richTextBox	string	none	100
labl_popis_objektu	<input type="checkbox"/>	richTextBox	string	none	100
labl_podlomeni	<input type="checkbox"/>	textBox	string	none	5
labl_poznamka	<input type="checkbox"/>	richTextBox	string	none	255
labl_A1_size	<input type="checkbox"/>	comboBox	integer	none	20

Obr. 16: Definice atributů pro objekt „Majak“

Symbologie objektů zahrnuje typ prvku (buňka, linie, polygon), barvu, vrstvu, tloušťku a styl. K určení symbologie jednotlivých objektů byla nastavena kritéria pro vzhled objektu podle hodnoty atributu (obr. 17). V praxi to znamená, že pokud vybereme v dialogovém okně při umístění objektu v poli „Typ“ hodnotu „BPRNS“, umístí se do mapy buňka „BPRNS“ z knihovny „aip.cel“. Tlačítkem export v prostředí Bentley Administrator lze všechna nastavení uložit do formátu XML a následně upravovat jednotlivé hodnoty a kritéria přímo ve zdrojovém kódu (obr. 18).

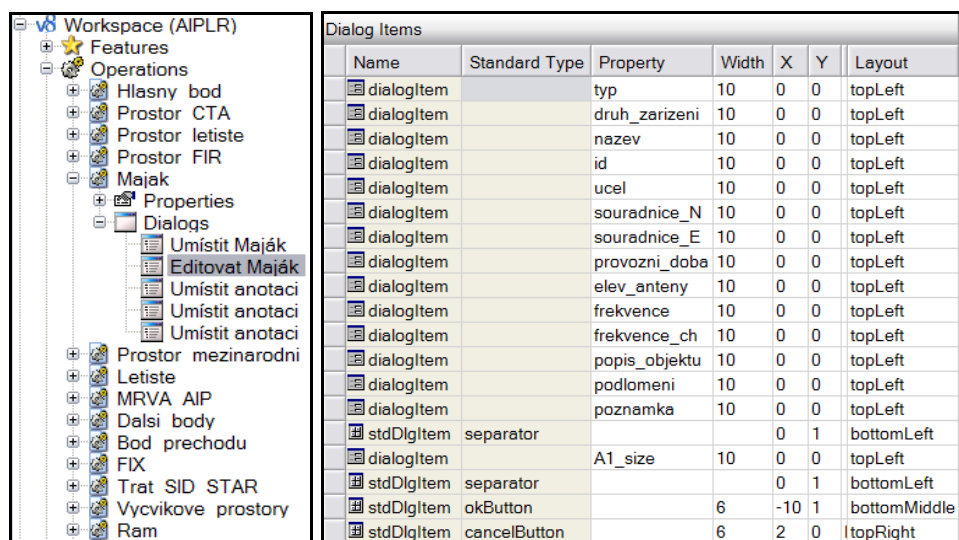


Obr. 17: Nastavení kritérií pro výběr buňky u objektu „Majak“

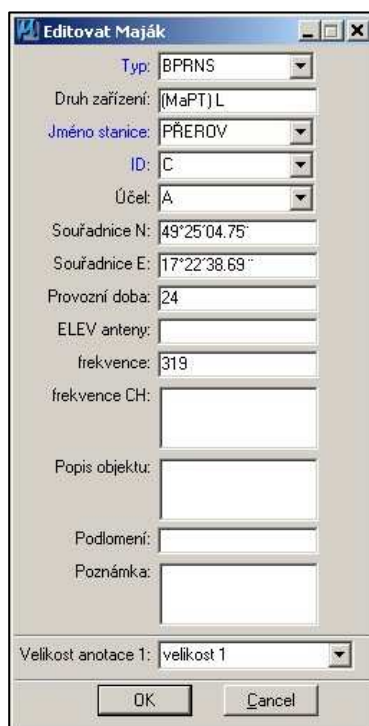
```
<CellType>standard</CellType>
<CellName useCriteria="COMPARE ("[Majak:typ] ",","BEACON",",",")">BEACON</CellName>
<CellName useCriteria="COMPARE ("[Majak:typ] ",","BPRNS",",",")">BPRNS</CellName>
<CellName useCriteria="COMPARE ("[Majak:typ] ",","DME",",",")">DME</CellName>
<CellName useCriteria="COMPARE ("[Majak:typ] ",","GPS_FLY_BY",",",")">WAYPOINT1</CellName>
<CellName useCriteria="COMPARE ("[Majak:typ] ",","GPS_FLY_OVER",",",")">WAYPOINT2</CellName>
<CellName useCriteria="COMPARE ("[Majak:typ] ",","LLZ",",",")">ILS_LLZ</CellName>
<CellName useCriteria="COMPARE ("[Majak:typ] ",","MKR",",",")">MKR_OM_MM</CellName>
<CellName useCriteria="COMPARE ("[Majak:typ] ",","MM",",",")">MKR_OM_MM</CellName>
<CellName useCriteria="COMPARE ("[Majak:typ] ",","NDB",",",")">NDB</CellName>
<CellName useCriteria="COMPARE ("[Majak:typ] ",","OBEČNY",",",")">MAJAK</CellName>
<CellName useCriteria="COMPARE ("[Majak:typ] ",","OM",",",")">MKR_OM_MM</CellName>
<CellName useCriteria="COMPARE ("[Majak:typ] ",","TACAN",",",")">TACAN</CellName>
<CellName useCriteria="COMPARE ("[Majak:typ] ",","VOR",",",")">VOR</CellName>
<CellName useCriteria="COMPARE ("[Majak:typ] ",","VOR/DME",",",")">VOR_DME</CellName>
<CellName>MAJAK</CellName>
<CellLibrary>aip</CellLibrary>
```

Obr. 18: Kritéria pro výběr buňky u objektu „Majak“ v XML

Operations (operace) - položka operace definuje vzhled jednotlivých dialogů pro umístění nebo editaci objektů (obr. 19). Dialog „Editovat Maják“ byl vytvořen nastavením konkrétních atributů a jejich polohy v rámci dialogového okna. Do každého dialogu je možné přidat tlačítka pro potvrzení a zrušení vyplněných hodnot. Dále je možné atributy rozlišit podle barvy. V tomto případě modrá označuje atributy, které uživatel musí vyplnit (obr. 20). Pokud je při umístění prvku do mapy nevyplní, objeví se dialog s upozorněním.

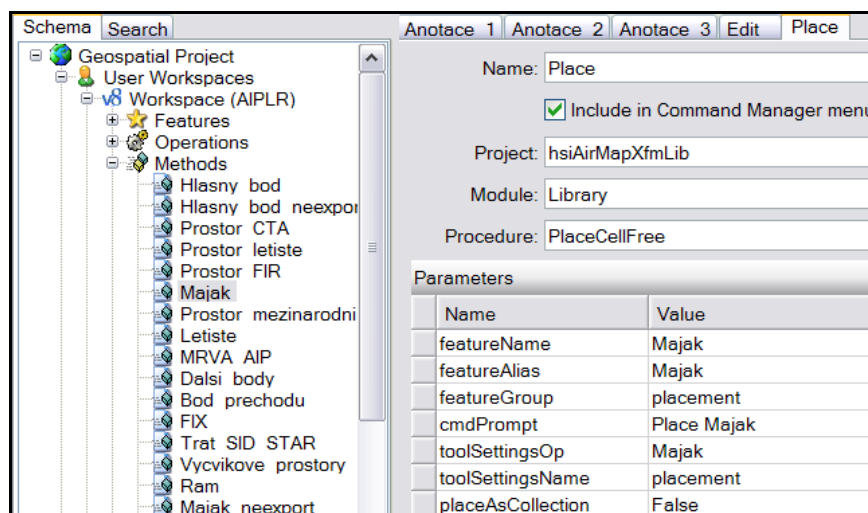


Obr. 19: Definování dialogu pro editaci majáku v Bentley Administrator



Obr. 20: Dialog editace v prostředí AirMap (modře označeny povinné atributy)

Methods (metody) - pro spuštění všech dialogů (umístění, editace, anotace) bylo nutné nadefinovat každému objektu metodu, která volá konkrétní umístovací proceduru. V případě objektu Maják je to procedura „PlaceCellFree“ z knihovny hsiAirMapXfmLib, která aktivuje otevření dialogu pro umístění buňky (obr.21).



Obr. 21: Nastavení metody pro spuštění dialogu u objektu „Majak“

Domains (číselníky) - všechny atributy které jsou typu číselník (combobox) jsou v datovém modelu odkázány na textové soubory s příponou „dat“, obsahující konkrétní hodnoty. Tímto způsobem byly zpracovány číselníky podle návrhu v datovém modelu.

Categories (kategorie) - objekty v jednotlivých uživatelských prostředích byly přiřazeny do kategorií podle logického uspořádání. Zde byly použity kategorie podle toho, zda objekt bude následně ze systému exportován nebo ne. Vznikly tak kategorie AIPLR, AIPLR_neexport, ENR, ENR_neexport, VM, a VM_neexport.

Scales (měřítko) - v prostředí AIPLR byla vytvořena nabídka měřítek pro možnost nastavení velikosti buněk při vkládání do mapy a případnou pozdější změnu měřítko v rámci úprav objektů (obr.22).

Schema Search		Scales				
		Display	Key Name	Paper Unit	Num	Dgn Unit
Geospatial Project User Workspaces Workspace (AIPLR) Features Operations Methods Domains Criteria Categories Scales Files Macros User Interface Command Manager Message Lists Tools Menus Workspace (ENR) Workspace (VELKE MAPY) Coordinate System Dictionary Graphical Sources		1:50	1:50	Meters	1.0	Meters
		1:75	1:75	Meters	1.0	Meters
		1:100	1:100	Meters	1.0	Meters
		1:125	1:125	Meters	1.0	Meters
		1:150	1:150	Meters	1.0	Meters
		1:175	1:175	Meters	1.0	Meters
		1:200	1:200	Meters	1.0	Meters
		1:250	1:250	Meters	1.0	Meters
		1:300	1:300	Meters	1.0	Meters
		1:350	1:350	Meters	1.0	Meters
		1:400	1:400	Meters	1.0	Meters
		1:450	1:450	Meters	1.0	Meters
		1:500	1:500	Meters	1.0	Meters
		1:1000	1:1000	Meters	1.0	Meters
		1:1500	1:1500	Meters	1.0	Meters
		1:2000	1:2000	Meters	1.0	Meters

Obr. 22: Nastavení měřítek v uživatelském prostředí AIPLR

User interface - záložka uživatelské rozhraní poskytuje možnost vytvoření manažera příkazů a vlastního menu. Manažer příkazů (command manager) je uživatelský dialog který obsahuje zástupce (ikonu a název) všech objektů z datového modelu. Ke každému zástupci musí být nadefinován příkaz pro spuštění dialogu z Manažera příkazů. Například pro objekt „Majak“ je to příkaz „activate method Majak|Place“, kterým se aktivuje metoda pro jeho umístění (obr.23 a 24).

Command Manager

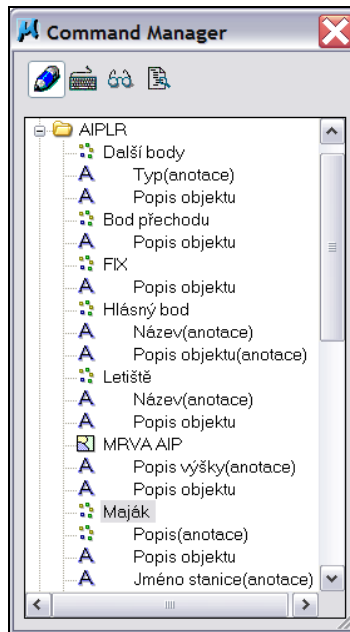
Name: MainMenuWs

File: MainMenuWs.xml

Commands

Category	Label	Keyin Command	Type
AIPLR	Další body	activate method Dalsi_body Place	point-cell
AIPLR	Typ(annotace)	activate method Dalsi_body Anotace_1	point-text
AIPLR	Popis objektu	activate method Dalsi_body Anotace_2	point-text
AIPLR	Bod přechodu	activate method Bod_prechodu Place	point-cell
AIPLR	Popis objektu	activate method Bod_prechodu Anotace_2	point-text
AIPLR	FIX	activate method FIX Place	point-cell
AIPLR	Popis objektu	activate method FIX Anotace_1	point-text
AIPLR	Hlásný bod	activate method Hlasny_bod Place	point-cell
AIPLR	Název(annotace)	activate method Hlasny_bod Anotace_1	point-text
AIPLR	Popis objektu(annotace)	activate method Hlasny_bod Anotace_2	point-text
AIPLR	Letiště	activate method Letiste Place	point-cell
AIPLR	Název(annotace)	activate method Letiste Anotace_1	point-text
AIPLR	Popis objektu	activate method Letiste Anotace_2	point-text
AIPLR	MRVA AIP	activate method MRVA_AIP Place	polygon
AIPLR	Popis výšky(annotace)	activate method MRVA_AIP Anotace_1	point-text
AIPLR	Popis objektu	activate method MRVA_AIP Anotace_2	point-text
AIPLR	Majak	activate method Majek Place	point-cell
AIPLR	Popis(annotace)	activate method Majek Anotace_1	point-cell
AIPLR	Popis objektu	activate method Majek Anotace_2	point-text
AIPLR	Jméno stanice(annotace)	activate method Majek Anotace_3	point-text

Obr. 23: Definování Manažera příkazů v prostředí Bentley Administrator



Obr. 24: Výsledná podoba dialogu „Manažer příkazů“ v AirMap

V rámci implementace byly do systému přidány i další funkce pro podporu tvorby a editace map:

Export - aplikace pro převod jednotlivých prvků a jejich hodnot z mapy do struktury XML. Každý prvek je přiřazen do určité kategorie (body, linie, plochy).

Obarvení referenčních výkresů - slouží k přehlednější práci s více výkresy, umožňuje vizuální srovnání obsahu aktivního a referenčního výkresu.

Změna měřítka - umožňuje provést dávkovou změnu měřítka objektů na základě aktuální hodnoty v objektu Rám pro měřítko.

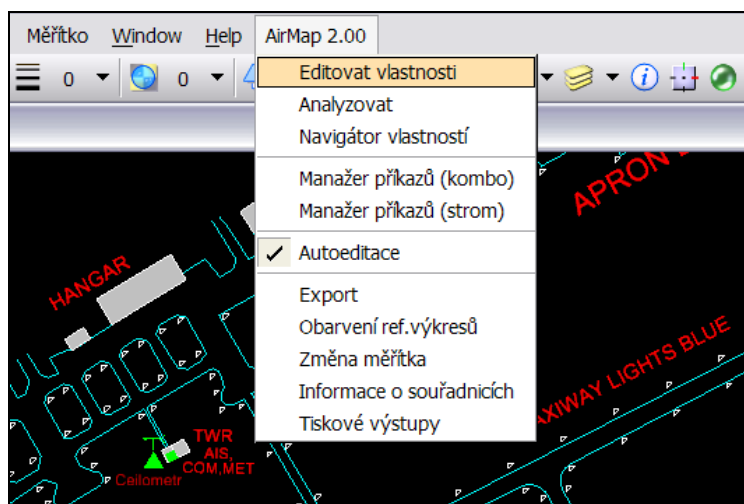
Informace o souřadnicích - aplikace zobrazuje hodnoty souřadnic XFM prvku v souřadnicovém systému WGS-84.

Tiskové výstupy - aplikace umožňuje připravit soubor pro výstup na plotter či tiskárnu podle uživatelského nastavení (formát, měřítko).

Nakonec bylo v prostředí Bentley Administrator nadefinováno uživatelské menu, které obsahuje základní funkčnost AirMapu. Každé aplikaci v menu musí být přiřazen příkaz k jejímu spuštění. Například pro „Tiskové výstupy“ je to příkaz „mdl load air_vystup“ (obr. 25 a 26).

Menu Entries	
Type	Label
MenuItem	Editovat vlastnosti
MenuItem	Analyzovat
MenuItem	Navigátor vlastností
MenuItem	-
MenuItem	Manažer příkazů (kombo)
MenuItem	Manažer příkazů (strom)
MenuItem	-
MenuItem	Autoeditace
MenuItem	-
MenuItem	Export
MenuItem	Obarvení ref.výkresů
MenuItem	Změna měřítka
MenuItem	Informace o souřadnicích
MenuItem	Tiskové výstupy
MenuItem Detail	
Command	mdl load air_vystup

Obr. 25: Nastavení menu v Bentley Administrator

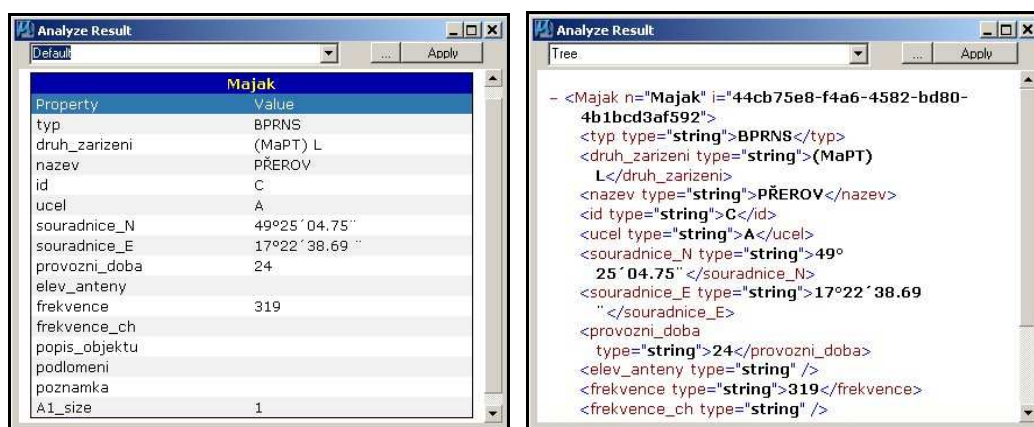


Obr. 26: Menu v prostředí AirMap

5.4.4 Vytvoření mapového objektu v prostředí AirMap

Postup vytvoření mapového objektu „Maják“ je tedy následující. Po spuštění Manažera příkazů z menu AirMap vybere uživatel položku „Maják“ a dvojklikem na ní aktivuje dialogové okno „Umístit maják“, ve kterém vyplní povinné atributy (typ, jméno stanice, ID) a další atributy podle potřeby. Symbologie majáku je závislá na hodnotě atributu „typ“. Při výběru hodnoty „BPRNS“ je na kurzoru buňka majáku „BPRNS“, při změně na typ „DME“ je na kurzoru buňka „DME“. Pokud chce uživatel změnit atributy prvku již existujícího v mapě, použije funkci „Editovat vlastnosti“, vybere prvek a tím se otevře editační dialog. Ten vypadá podobně jako dialog pro umístění, ale má navíc tlačítka pro potvrzení a zrušení editace.

Pro zjištění hodnot atributů konkrétního objektu, lze použít funkci „Analyzovat“, která vypíše hodnoty do okna, buď v podobě tabulky nebo jako XML strom (obr. 27).



Obr. 27: Výpis atributů - tabulka a XML strom

5.5 Testování systému

Aby mohl být výsledný produkt předán zákazníkovi k užívání musí proběhnout testování u dodavatele systému, v ideálním případě také na straně zákazníka. Tato fáze proběhla ve spolupráci s pracovníky letecké informační služby, kteří dodali výkresy DGN jako podklad pro vytvoření testovacích dat.

Testování produktu AirMap probíhalo po celou dobu souběžně s vývojem, tím způsobem, že po nadefinování nových objektů do systému byl vždy proveden test jejich umístění do mapy, včetně možnosti editace atributů, výpisu všech hodnot a exportu. Nalezeným chybám byla přiřazena priorita a pracovník zodpovědný za jejich opravu. Následně byly všechny aktuální aplikace a soubory uloženy do adresářové struktury pro instalaci a v prostředí InstallShield vytvořena instalace produktu AirMap. Další testování probíhalo již v prostředí programu VMware, kde je možné nakonfigurovat „čisté“ testovací prostředí, to znamená pouze operační systém a potřebné instalace programů MicroStation (BentleyMap) a AirMap. Opět proběhl test funkčnosti systému a tím byla nachystána první verze pro předání uživateli.

5.6 Předání první verze systému

U zákazníka byla na testovací počítač nainstalována první verze systému s označením AirMap 1.00 a dohodnuty další podmínky zkušebního provozu. Ten spočíval v testování této verze pověřeným pracovníkem letecké informační služby a hodnocení funkčnosti systému podle původních požadavků. Připomínky byly zaznamenávány v dokumentu „požadavky_testy.xls“ (je součástí příloh), který obsahuje číslo a popis problému, vyjádření pracovníka HSI a vyjádření zákazníka. Na základě těchto připomínek proběhly další úpravy datového modelu XFM a funkčnosti systému AirMap. Zpět k zákazníkovi se úpravy dodávaly pomocí aktualizací jednotlivých systémových souborů XML. Po zapracování všech připomínek a schválení funkčnosti se vytvořila další verze produktu AirMap 2.00, která již představovala jeho konečnou podobu a mohla tak proběhnout fáze předání systému.

5.7 Předání kompletního systému

Předání systému předcházelo dokončení dokumentace produktu, vytvoření kompletní instalace konečné verze produktu a test této instalace. Poté byla aktuální verze produktu předána zákazníkovi. Zástupci firmy HSI a Bentley nainstalovali na pracovišti letecké informační služby produkty MicroStation XM,

BentleyMap a AirMap. Proběhly akceptační testy základní funkčnosti aplikací a produkt byl schválen. Dále byla předána kompletní dokumentace k produktu (je součástí příloh) a dohodnuty termíny školení a konzultací. Testování produktu bude dále probíhat na straně zákazníka a případné připomínky budou řešeny v rámci podpory.

Činnost	poznámka	akceptováno
Instalace AirMap 2.00	přinstalování aktuální verze	ano
kontrola instalace		ano
Spuštění aplikace AirMap 2.00	dialog pro výběr DGN	ano
Výběr workspace - uživatelského prostředí	AIP, ENR, VM	ano
Otevření konkrétních výkresů	AIP, ENR, VM	ano
Založení nového výkresu	práce s rámem	ano
Práce s command managerem XFM		
Umístění objektů	na příkladech - Majáky, Tratě, ...	ano
Editace objektů	změna atributů, změna symbologie	ano
Anotace objektů	umístění a změna velikosti anotací	ano
Popisy objektů	obecný popis objektů	ano
Menu AirMap 2.00		
Export	kontrola exportu - uložení do adresářů	ano
Obarvení ref.výkresů	obarvení, odbarvení ref.výkresu	ano
Změna měřítka	kontrola změny měřítek objektů	ano
Informace o souřadnicích	kontrola výpisu souřadnic prvků	ano
Tiskové výstupy	nastavení a uložení do tisk.souboru	ano
Obecné nastavení XM		
výstupy do PDF	nastavení ovladačů Plotdrv, uložení PDF	ano
palety XM	změna atributů,vzorování, priority prvků	ano
Kontrola požadavků/problémů	aktuálních od 21.11.2007	ano
nové 157,158	aktualizace	

Obr. 28: Ukázka akceptačního protokolu

5.8 Provoz a údržba systému

Systém AirMap je v současné době ve fázi provozu a údržby, používá se na třech stanicích pracoviště letecké informační služby a jedná se o možnosti dalšího rozšíření. Byla podepsána smlouva o údržbě, v rámci které jsou stanoveny časové kapacity pro technickou podporu a určení pracovníci na straně dodavatele a zákazníka pro vzájemnou komunikaci. Řeší se především problémy spojené se zavedením systému do provozu, připomínky uživatele k funkčnosti, reklamace a zapracování nových požadavků.

5.9 Ukončení a hodnocení projektu

V rámci ukončení projektu byla zpracována závěrečná zpráva, která hodnotí obsah projektu, jeho průběh, dosažené výsledky, dodržení stanoveného plánu, přínosy a rizika projektu. Počáteční neznalost technologie a výskyt problémů při jejím použití způsobila mírný časový posun, který ale byl v rámci povolené tolerance. Tyto problémy byly řešeny ve spolupráci s pracovníky partnerské firmy Bentley. Jejich podpora spočívala především v konzultaci a opravách nahlášených chyb ve funkčnosti používaného programu BentleyMap (přehled řešených problémů je součástí příloh). Díky zákazníkovi, který využívá specifické postupy při tvorbě a aktualizaci map, bylo také nutné neustále konzultovat požadavky na systém a průběh vývoje.

Silné stránky (přínosy projektu):

- získání zákazníka z nové oblasti
- práce s novou technologií XFM
- možnost využití technologie v dalších projektech
- dobrá komunikace s uživatelem
- spolupráce firmy Bentley při řešení problémů

Slabé stránky (rizika projektu):

- malá znalost použité technologie na počátku projektu
- neopakovatelnost řešení (produkt nelze použít u jiného zákazníka)
- výskyt technologických problémů při vývoji

Celkově lze tento projekt hodnotit kladně, systém AirMap byl vytvořen s požadovaným rozsahem funkčnosti a časový harmonogram dodržen podle plánu. Analytici a vývojáři firmy HSI navíc získali cenné zkušenosti při nasazení technologií z oblasti geoinformatiky.

Závěr

Geoinformační technologie se v dnešní době využívají v nejrozličnějších oblastech lidské činnosti. Diplomová práce podává obecný přehled dostupných metodik, přístupů k tvorbě informačních systémů a možnosti jejich použití v praxi. Na konkrétním příkladě pak dokumentuje nasazení GIS pro leteckou informační službu. Účelem vytvořeného systému AirMap je aplikace nové technologie pro potřeby řízení letového provozu a díky tomu zjednodušení pracovních postupů při tvorbě leteckých map.

Hlavním cílem diplomové práce byla charakteristika všech fází životního cyklu systému. Projekt AirMap je ukázkou agilního přístupu k tvorbě informačního systému, jeho řešení klade důraz na komunikaci se zákazníkem, vývoj postupných verzí systému a jejich aktualizaci podle připomínek uživatele.

Práce se soustředí především na analytickou část a úkoly, na kterých se autor aktivně podílel - konzultace se zákazníkem, analýza a návrh systému, vytvoření datového modelu v prostředí XFM, testování, tvorba dokumentace, příprava instalace a předání systému.

Projekt byl pro autora přínosem v získání zkušeností s tvorbou GIS a to jak manažerských při analýze a návrhu projektu, tak technologických při zpracování dat a implementaci. V průběhu vývoje systému se vyskytly nejrozličnější problémy a nejasnosti, které se většinou podařilo vyřešit i díky dobré komunikaci pracovníků HSI se zákazníkem a partnerskou firmou Bentley.

Použité zdroje

Buchalcevoá, A.: *Metodiky vývoje a údržby informačních systémů*. Praha, Grada, 2005, 163 s. ISBN 80-247-1075-7.

Co to je XML Feature Modeling (XFM)? [on-line] © 2008, poslední revize 3.4. 2008 [cit.2008-04-03]. Dostupné z <<http://www.bentley.com/cs-CZ/Products/Bentley+Map/XML-FM.htm>>.

HSI - Profil [on-line] © 2008, poslední revize 2.4. 2008 [cit.2008-04-03]. Dostupné z <<http://www.hsi.cz/detail.php?cat=72>>.

Krajčík, V.: *Životní cyklus projektů informačních systémů* [on-line] © 2006, poslední revize 17.7. 2006 [cit.2008-04-04]. Dostupné z <http://portal.vsp.cz/files/casopis/zivotni_cyklus.pdf>.

Král, J.: *Informační systémy*. Science, Veletiny, 1998, 358 s. ISBN 80-86083-00-4.

Lacko, B.: *Model zralosti procesů tvorby software*. IT Systems [on-line]. 1-2/2005. [cit.2008-04-05]. Dostupné z <<http://www.systemonline.cz/clanky/model-zralosti-procesu-tvorby-software.htm>>.

LBMS - Metodiky [on-line] © 2006, poslední revize 11.12. 2006 [cit.2008-04-15]. Dostupné z <<http://www.lbms.cz/Metodiky/index.html>>.

Letecká informační služba [on-line] © 2002, poslední revize 9.4. 2008 [cit.2008-04-09]. Dostupné z <<http://lis.rlp.cz/1-1-cz.html>>.

Merunka, V.: *Datové modelování*. Praha, Alfa publishing, 2007, 177 s. ISBN 80-86851-54-0.

Merunka V., Pergl R., Pícka M.: *Objektově orientovaná tvorba softwaru*. Praha, Credit, 2004, 171 s. ISBN 80-213-1159-2.

Molnár, Z.: *Moderní metody řízení informačních systémů*. Praha, Grada, 1992, 224 s. ISBN 80-85623-07-2.

Molnár, Z.: *Efektivnost informačních systémů*. Praha, Grada Publishing, 2000, 142 s. ISBN 80-7169-410-X.

Nová metodika LBMS Development Metod [on-line] © 2005, poslední revize 22.8. 2005 [cit.2008-04-15]. Dostupné z <<http://www.systemonline.cz/zpravy/nova-metodika-lbms-development-method-z.htm>>.

Pergl R.: *Analýza vnitřních vazeb principů metody extrémního programování*, In: Sborník příspěvků z doktorandského semináře, ČZU Praha, 2005, ISBN 80-213-1314-5.

Pokorný J.: *Databázové systémy a jejich použití v informačních systémech*. Praha, Academia, 1992, 313 s. ISBN 80-200-0177-8.

Přehled funkcí Bentley Map [on-line] © 2008, poslední revize 10.4. 2008 [cit.2008-04-10]. Dostupné z <<http://www.bentley.com/cs-CZ/Products/Bentley+Map/Features-List.htm>>.

Řepa, V.: *Analýza a návrh informačních systémů*. Praha, EcoPress, 1999, 403 s. ISBN 80-86119-13-0.

Šmíd, V.: *Management informačního systému* [on-line] © 2003, poslední revize 7.8. 2003 [cit.2008-04-03]. Dostupné z <<http://www.fi.muni.cz/~smid/managis.html>>.

Voříšek, J.: *Strategické řízení informačních systémů a systémová integrace*. Praha, Management Press, 1997, 323 s., ISBN 80-85943-40-9.

Seznam obrázků

Obr. 1: Kritéria v rámci metodik.....	12
Obr. 2: Úrovně zralosti SW	14
Obr. 3: Životní cyklus IS	20
Obr. 4: Jednotlivé fáze modelu vodopád	21
Obr. 5: Schéma prototypového modelu	22
Obr. 6: Schéma procesního modelu	25
Obr. 7: Schéma životního cyklu projektu AirMap.....	27
Obr. 8: Ukázka požadovaných atributů pro objekt „Maják“	30
Obr. 9: Ukázka návrhu symbologie pro “Prostor mezinárodní“	30
Obr. 10: Ukázka harmonogramu projektu	32
Obr. 11: Adresářová struktura datového modelu	33
Obr. 12: Knihovna buněk „aip.cell“ pro bodové objekty v prostředí AIPLR.....	35
Obr. 13: Knihovna buněk „letiste_aip.cell“ pro letiště v prostředí AIPLR	35
Obr. 14: Bentley Geospatial Administrator	37
Obr. 15: Přehled objektů a jejich typů v prostředí AIPLR	38
Obr. 16: Definice atributů pro objekt „Maják“	39
Obr. 17: Nastavení kritérií pro výběr buňky u objektu „Maják“	40
Obr. 18: Kritéria pro výběr buňky u objektu „Maják“ v XML.....	40
Obr. 19: Definování dialogu pro editaci majáku v Bentley Administrator.....	41
Obr. 20: Dialog editace v prostředí AirMap	41
Obr. 21: Nastavení metody pro spuštění dialogu u objektu „Maják“	42
Obr. 22: Nastavení měřítek v uživatelském prostředí AIPLR	43
Obr. 23: Definování Manažera příkazů v prostředí Bentley Administrator	43
Obr. 24: Výsledná podoba dialogu „Manažer příkazů“ v AirMap	44
Obr. 25: Nastavení menu v Bentley Administrator	45
Obr. 26: Menu v prostředí AirMap	45
Obr. 27: Výpis atributů - tabulka a XML strom	46
Obr. 28: Ukázka akceptačního protokolu	48

Seznam tabulek

Tab. 1: Ukázka datového modelu - definice objektu „Maják“	31
Tab. 2: Ukázka datového modelu - hodnoty číselníku pro typ majáku	31